

INFO TEKNIK
Volume 6 No. 2, Desember 2005(103-110)

**ANALISA WAKTU KERUSAKAN BALOK BETON BERTULANG
AKIBAT KOROSI PADA BANGUNAN STRUKTUR DI DAERAH
PANTAI**

Arie Febry Fardheny¹

ABSTRACT – Chloride Penetration on Concrete Structure can create corrosion on steel on reinforcement concrete. As we know today many people design concrete structure near the sea with the same like ordinary in high land. ACI and SNI actually have determined a concrete cover for concrete structure near the sea. This research aim to analyze chloride penetration according to concrete cover. Different concrete cover 20 mm, 40 mm, 60 mm and 70 mm are used in this research. Using finite element method show concrete cover is important thing to depend over corrosion and for life time of structure. These results also show ACI and SNI codes are right and must use over structure near the sea.

Keywords – *corrosion, penetration, concrete cover*

PENDAHULUAN

Salah satu penyebab kerusakan utama pada struktur beton bertulang adalah akibat adanya penetrasi klorida ke tulangan beton atau secara umum disebut dengan korosi. Struktur-struktur beton bertulang yang berada di dekat sumber korosi misalnya adalah struktur yang berada di tepian laut. Penetrasi ini tidak hanya terjadi pada tulangan saja namun juga merusak pada permukaan beton itu sendiri.

Pesatnya perkembangan infrastruktur memaksa pembangunan menuju ke tepian laut. Bangunan ini tentunya harus didesain sedemikian rupa sehingga harus mampu dipertahankan sampai dengan usia rencana. Namun jika tidak bangunan tersebut harus dapat diperhitungkan

kondisinya sehingga dapat ditentukan waktu kerusakan yang terjadi.

Tebal selimut pada beton pada daerah yang memiliki kadar klorida tinggi adalah 70 mm (ACI, 2000; SNI 03, 2000). Namun berdasarkan pengamatan perumahan beton yang berada di daerah tepian laut bangunan beton didesain sama dengan yang berada pada daratan yang jauh dari laut. Berdasarkan kenyataan diatas maka dirasa perlu untuk dapat menganalisa waktu kerusakan yang terjadi pada balok beton sederhana yang berada di daerah laut pada kondisi-kondisi yang berbeda.

Penelitian ini akan memfokuskan pada balok beton bertulang yang berada pada perumahan di pinggir pantai dan di luar pantai dengan tebal selimut beton yang berbeda-beda. Tujuan penelitian ini adalah untuk dapat melihat perilaku

beton bertulang di tepian pantai saat menerima difusi klorida. Berdasarkan hasil penelitian ini akan dapat ditarik kesimpulan hubungan antara tebal selimut beton dan umur bangunan di tepi pantai.

KAJIAN TEORITIS

Memprediksi Difusi Klorida pada Struktur

Model untuk memperkirakan waktu difusi berdasarkan pada konsep mekanik dan dengan menggunakan hukum kedua Fick's:

$$\frac{dC}{dt} = D \cdot \frac{d^2 C}{dx^2} \quad (1)$$

Dimana:

C = ukuran klorida

D = Koefisien pendekatan difusi

x = kedalaman dari selimut luar

t = waktu

Fungsi difusi adalah berdasarkan pada waktu dan suhu sehingga persamaan waktu dalam difusi adalah:

$$D(t) = D_{ref} \cdot \left(\frac{t_{ref}}{t} \right)^m \quad (2)$$

Dimana

$D(t)$ = koefisien difusi pada t waktu

D_{ref} = koefisien difusi pada waktu referensi

m = ketetapan berdasarkan faktor campuran beton

Persaman 2. berlaku hingga kurang dari 30 tahun karena rumusan diatas memiliki faktor pendekatan yang salah setelah memperhitungkan kondisi difusi klorida

Sementara untuk persamaan difusi-temperatur adalah seperti berikut ini :

$$D(T) = D_{ref} \cdot \exp \left[\frac{U}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (3)$$

dimana :

$D(T)$ = koefisien difusi pada waktu t dan suhu T

D_{ref} = koefisien difusi pada waktu referensi t_{ref} and suhu referensi T_{ref}

U = energi difusi (35000 J/mol)

R = Tekanan udara

T = Temperatur ruang

Referensi waktu $t_{ref} = 28$ hari dan $T_{ref} = 293K$ ($20^\circ C$).

Prediksi Waktu Propagasi

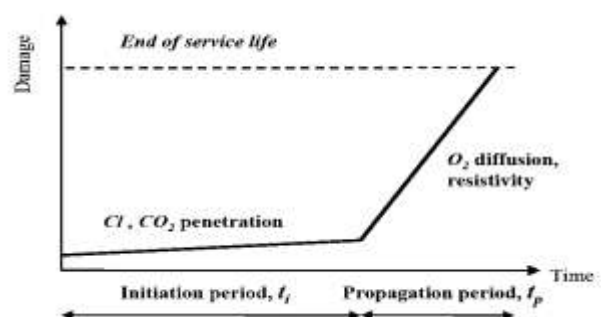
Waktu propagasi klorida pada beton adalah 6 tahun. Sehingga rumus untuk melakukan perbaikan pada struktur setelah terjadi kerusakan adalah

$$tr = ti + 6 \quad (4)$$

jika menggunakan epoxy sebagai bahan pengendali korosi maka waktu propagasi menjadi 20 tahun.

Memperhitungkan waktu layan Struktur

Waktu layan adalah waktu antara struktur dibangun hingga dilakukannya perbaikan (tr). waktu dapat dihitung menggunakan model retak pada struktur. Konsep waktu layan adalah



Gambar 1. Modell waktu layan 2 arah. (Tuutti, 1982)

Hukum Difusi pada data experimental

Gambar 2. memperlihatkan hubungan antara D_{28} dan w/cm beton portland

pada suhu 20°C beton mulai melakukan reaksi pada umur 28 hari atau kurang dan melakukan reaksi reaksi kecil lainnya pada umur 28 – 56 hari. Grafik hubungan ini didefinisikan Stanish (2000).

Koefisien pada konsentrasi klorida ditentukan oleh Weyers (1998) sebagai faktor D yang memiliki nilai antara $1.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ sampai dengan $6.7 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$.

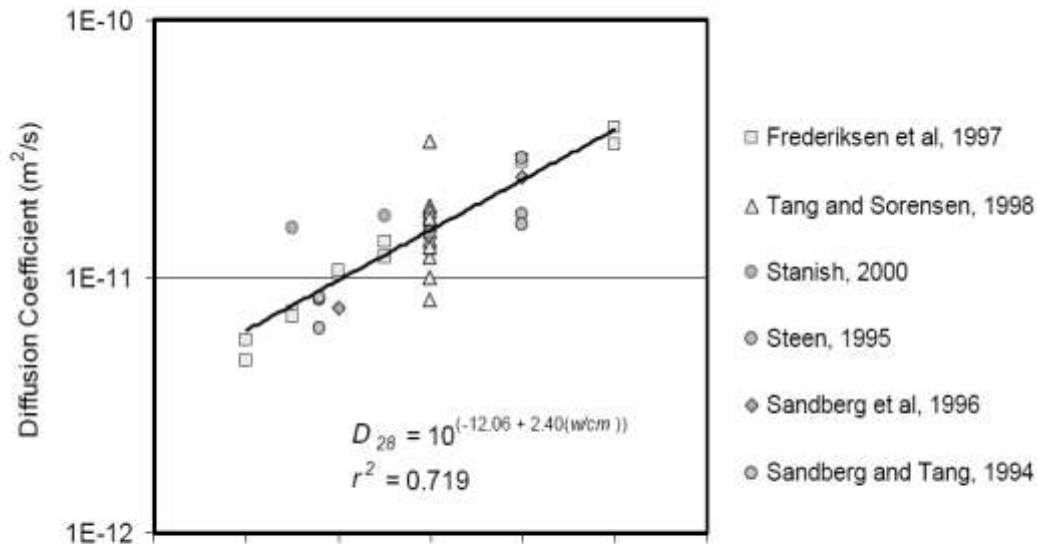


Figure 4.3 Relationship between D_{28} and w/cm for concrete at 20°C

Gambar 2. Hubungan antara D_{28} dan w/cm pada suhu 20°C

Bamforth (1999) sendiri menentukan nilai koefisien difusi (m) sebagai berikut

Tabel 1. Daftar nilai koefisien Difusi

	m
PC Concrete	0.264
Fly Ash Concrete	0.700
Slag Concrete	0.620

METODOLOGI PENELITIAN

1. Menentukan desain balok yang akan digunakan sebagai media.

Balok yang digunakan adalah balok pada bangunan rumah beton sederhana pada tepi pantai yaitu :

$$f'_c = 22,5 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Balok = 30 x 30 cm,

Waktu rencana = 50 tahun

Penulangan balok yang dipakai

$$\rho = 1,2 \%$$

Jenis tulangan = tulangan polos

Ratio kadar air semen = 0,42

Faktor koefisien difusi = 0,2

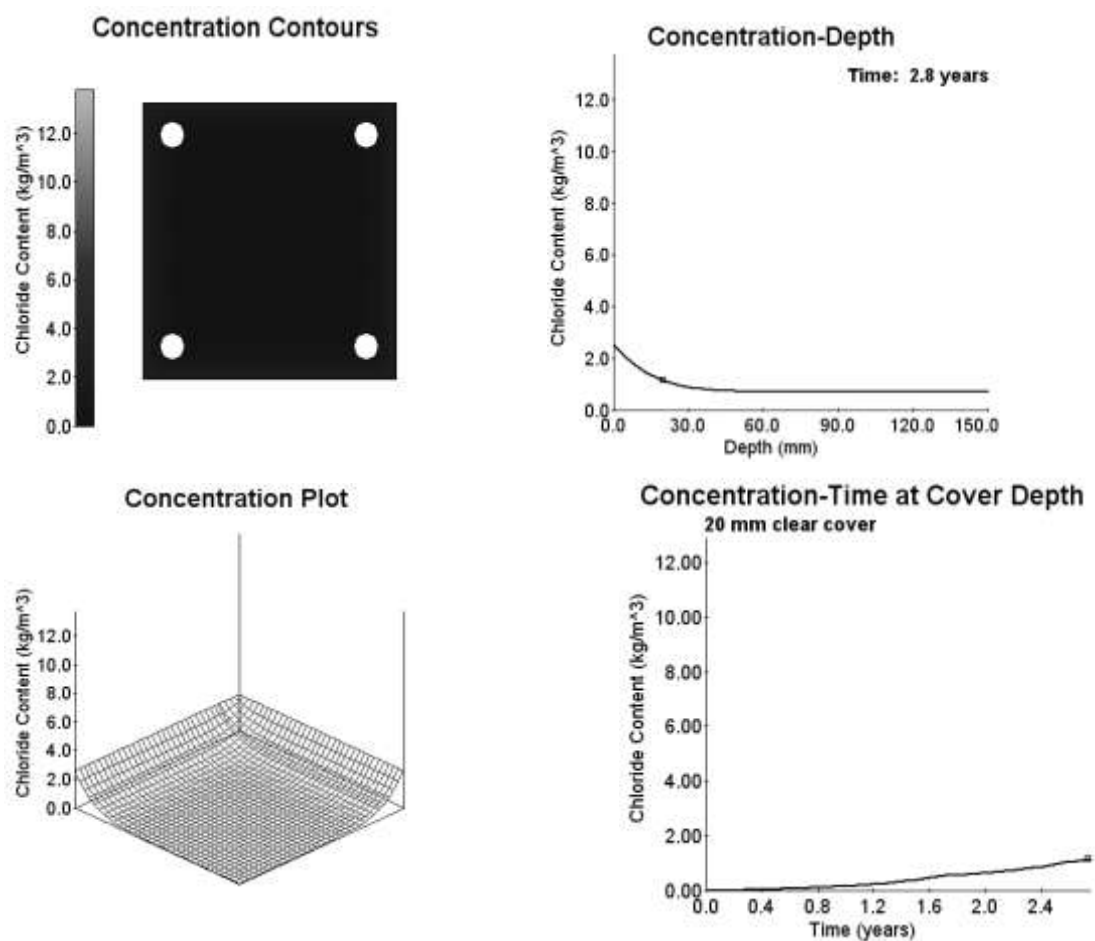
2. Memodelkan balok dengan properties seperti diatas.
3. Model balok tetap dengan tebal selimut yang diuji coba 20 mm, 40 mm, 60 mm dan 70 mm

4. Menetapkan rata rata kadar klorida pada daerah pantai. Diambil data stasiun hujan terdekat di Kotabaru.
5. Melakukan Analisa modeling waktu layan akibat difusi klorida dengan *finite elemen*.
6. Melakukan analisa hasil perhitungan
7. Pengambilan kesimpulan pada berbagai variasi yang terjadi

HASIL ANALISA

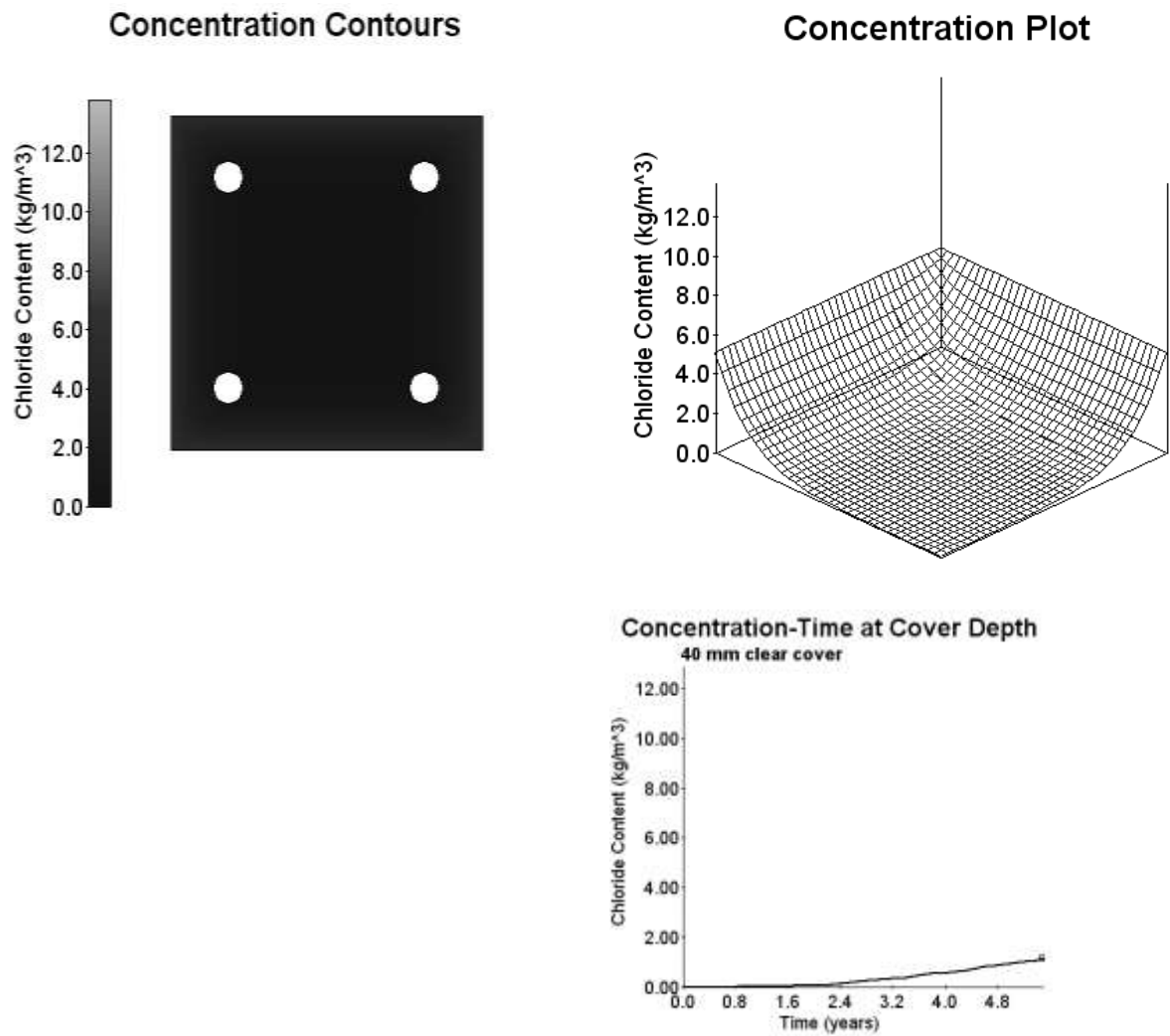
Berdasarkan pada hasil analisa dengan model yang ada diatas maka didapatkan hasilnya sebagai berikut :

Tebal Selimut 20 mm



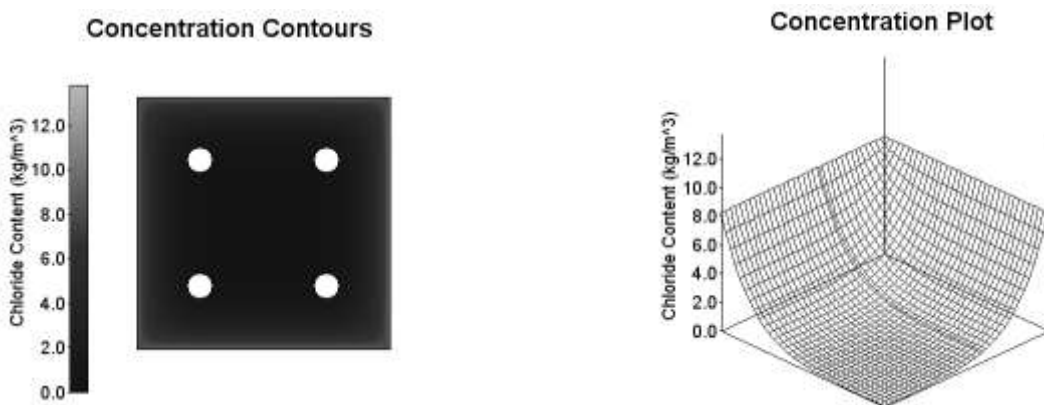
Gambar 3. Analisa Penetrasi Difusi Klorida pada tebal Selimut 20 mm

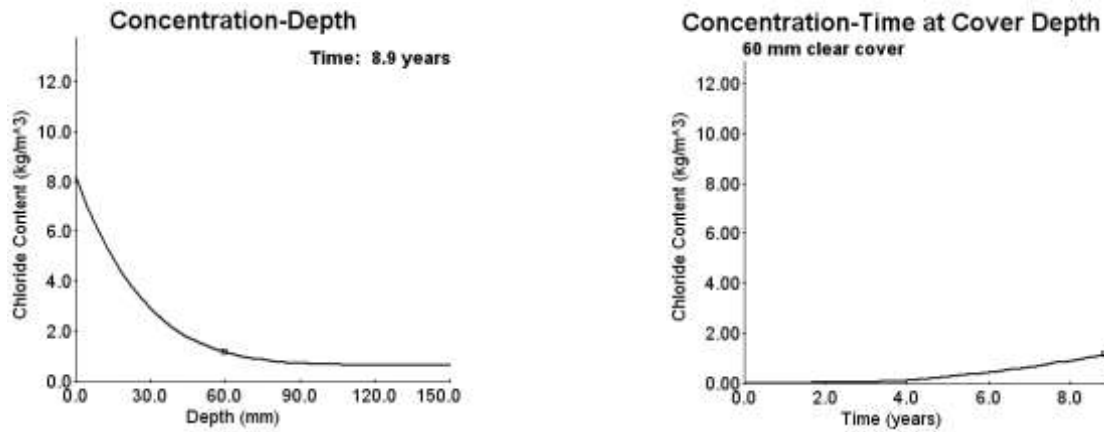
Tebal Selimut 40 mm



Gambar 4. Analisa Penetrasi Difusi Klorida pada tebal Selimut 40 mm

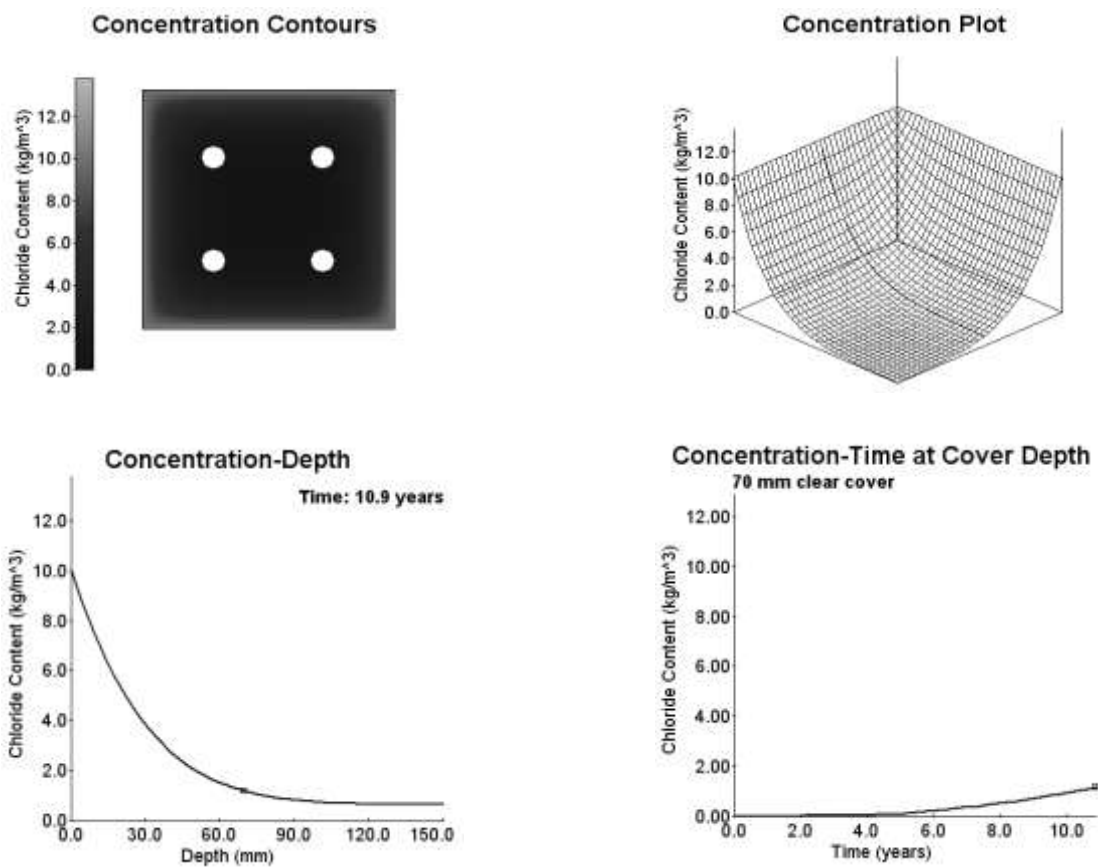
Tebal Selimut 60 mm





Gambar 5. Analisa Penetrasi Difusi Klorida pada tebal Selimut 60 mm

Tebal Selimut 70 mm



Gambar 6. Analisa Penetrasi Difusi Klorida pada tebal Selimut 70 mm

Dari data diatas dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada konsentrasi kontur penetrasi difusi klorida terlihat bahwa semakin tebal selimut maka penetrasi yang terjadi akan dihambat terlebih dahulu oleh selimut beton baru kemudian setelah selimut beton ter korosi habis maka tulangan yang mengalami korosi. Pada selimut beton 20 mm terlihat tidak adanya perlawanan dari tebal selimut beton. Pada 40 mm mulai mampu menahan penetrasi klorida dan pada 60 dan 70 terlihat lapisan penebalan kountur akibat perlawanan selimut beton
2. Pada konsetrasi plot hal ini dijelaskan bahwa semakin tebal selimut beton semakin meningkat kemampuan untuk mampu menahan penetrasi klorida. Seperti terlihat bahwa pada tebal selimut 70 mm, kemampuannya adalah sebesar 12 kg /m³
3. Waktu layan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tebal lapisan selimut beton. Pada tebal 20 mm waktu layan adalah 2,8 tahun pada tebal 40 mm waktu layan adalah 5,5 tahun. Pada tebal 60 mm waktu layan adalah 8,9 tahun sementara pada waktu layan 70 mm adalah 10,9 tahun. Ini membuktikan alasan ACI mupun SNI menetapkan batas minimum tebal lapisan selimut di daerah pantai adalah sebesar 70 mm karena waktu rencana sebuah struktur adalah minimum 10 tahun.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tebal lapisan selimut beton pada suatu struktur maka akan semakin besar kemampuan dan waktu layan dari struktur dalam menghadapi penetrasi klorida ke dalam tulangan
2. Penelitian ini membuktikan bahwa ACI dan SNI telah sesuai menetapkan batas minimum tebal lapisan selimut beton sebagai acuan untuk mencegah kerusakan struktur beton di luar waktu rencana suatu struktur

DAFTAR PUSTAKA

- Building Code Requirement for structural Concrete , 2000, ACI
- Peraturan tata Cara Perencanaan Gedung Indonesia*, 2000, SNI
- Materials Journal, Vol. 95 (4), pp. 445-453.
- Bamforth, P.B. 1999. "The derivation of input data for modelling chloride ingress from eight-year" U.K. coastal exposure trials." Magazine of Concrete Research, Vol. 51, No. 2, pp.
- Berke, N.S. and Rosenberg, A. 1989. "Technical Review of Calcium Nitrite Corrosion Inhibitor in Concrete", Transportation Research Record 1211, COncrete Bridge Design and Maintenance, Steel
- Bamforth, P.B. 1998. "Spreadsheet model for reinforcement

corrosion in structures exposed to chlorides." In Concrete Under Severe Conditions 2 (Ed. O.E. Gjrv, K. Sakai and N. Banthia), E&FN

Tuutti, K. 1982. "*Corrosion of steel in concrete.*" Swedish Cement and Concrete Research Institute